

## 中規模風車 KWT300 の沿岸域への適用

小川 路加<sup>\*1</sup>, 細見 雅生<sup>\*2</sup>

沿岸域は、一般的に風速が大きく、かつ沿岸域諸施設のエネルギー自己需要も大きい。空港近傍などの高度制限がある沿岸空間であっても、港湾管理などの自己エネルギー消費にあわせた規模の中規模風力発電装置の潜在的な可能性は高いと考えられている。そこで本研究では、駒井鉄工(株)で開発した中規模風車 KWT300 の沿岸域への適用を目指し、以下項目について検討した。

- ① 中規模風車 KWT300 の風速と発電量を観測し KWT300 の実証試験を行った。また、風車前後の風速とその減衰効果の関係を整理・考察した。
- ② 中規模風車によって得られる電力の現地活用としてサンドバイパスへの応用の可能性の検討した。
- ③ 離島や山間部などの屈曲した搬送経路に対する、輸送可否判断システムの検討を行った。

キーワード：風力発電，中規模風車，沿岸域，サンドバイパス，ブレード輸送

### 1. 序

沿岸域は内陸部に比較すると一般的に風速もしくは風力エネルギーが大きく、風力発電設備を設置するのに適しているため<sup>1)</sup>、これまでに多くの風力発電設備が設置されてきており、今後も増加していくものと考えられる。

我が国の沿岸についてみると、地形や利用形態は様々であり、それぞれの地域に対して風力発電の設備内容を吟味した上で、導入する必要がある。例えば、内湾に面した比較的平坦な地域であれば、港湾や空港があり、市街地も迫っている場合が多く、風力エネルギーに対する需要が大きい。港湾管理などの自己エネルギー消費にあわせた規模の中規模風力発電装置の潜在的な可能性は高いと考えられる。風力発電設備としては、スケールメリットを最大限に活かせる高さ 100m 以上の MW 級大型風車が期待されるものの、空港近傍などでは高度制限があるほか、市街地に近い場合には景観等の問題も配慮する必要がある。したがって、場合によっては中規模風車が適していることも多いといえる。

また、急峻な山間部に迫った海岸や、離島が多く

あることも我が国沿岸の特徴である。このような場所では、風車の部品の搬送が困難で、大型の風車を設置しにくい場合も多い。また、大規模な市街地から離れていることも多いことから、周辺の地域の電力需要にあわせた中規模風力発電の導入が適している場合もある。

以上の背景をふまえ、本研究では、駒井鉄工(株)で開発した中規模風車 KWT300 の沿岸域への適用を目指して、以下の項目について検討した。

#### 1) KWT300 現地実証試験

駒井鉄工(株)富津工場に建設した KWT300 を用いて、実際にその性能を確かめることとした。

#### 2) 風車背後の風速減衰検討

通常、風車はブレード回転直径の 10 倍の距離を離して設置される。しかし、風向きによっては 10 倍未満で済む可能性がある。上記の実証試験結果に基づき、風車背後の風速減衰性状を把握し、風車群中の合理的な風車配置計画を算定するための基礎理論の構築を図る。

※1 環境事業部係長 修士 (工学)

※2 環境事業部長 博士 (工学)

3) 沿岸域の風力エネルギー現地活用例の検討

サンドバイパスの電力としての風力エネルギーの活用を検討した。

4) 離島など輸送困難地域への中規模風車の可搬性

大型風車の設置が困難な理由として、大型ブレードを設置地域まで搬送できないという問題がある。離島など輸送困難地域への中規模風車の可搬性に関して検討した。

2. 中規模風車 KWT300 の概要

従来のヨーロッパからの輸入風車は、ヨーロッパの風の特性に合わせて、比較的乱れの少ない風を対象として開発されている。日本におけるこれまでの風力発電の設置場所は、風の乱れが小さく、年間を通じて安定した風が作用する海岸部や高原地が選定されてきた。しかし、わが国は国土のほとんどが山間部であり、今後の風力発電は沿岸域、離島および山間部での開発が増えると予測される。一方、近年のわが国の風力発電がおかれている現状として、上述の海外機種の間める割合が多いこと、国土の地形条件による風の乱れの発生・輸送や建設に制約があること、台風や落雷という自然環境の制約があることが風力発電導入促進の障壁となっている<sup>2)</sup>。また、近年は建設コスト削減等経済性のスケールメリットを理由に MW 級の大型風車建設が進んでいるが、輸送や建設条件がさらに厳しくなることや、大型化故に景観や騒音が問題になることも多い。

以上のような日本における風車建設状況を鑑み、今後の日本の風力発電事業を活発にするためには、沿岸域、離島および山間部において風力発電の導入を促進することのできる、厳しい気象条件および輸送・建設の条件に適合した中規模風車が必要と考え中規模風車 KWT300 を開発した。

開発風車の基本仕様と特徴を表 1、図 1 に、パワーカーブを図 2 に示す。写真 1 は駒井鉄工(株)富津工場に建設したプロトタイプ機の全景である。

本風車は、離島や山間部の建設を想定して、大型トレーラを使用せずに、4m 幅の道路でも通行可能な通常の 10t トラックあるいは低床 15t トラックを使用して輸送できるように部材の長さや重量を設定した。

風車設計条件としては、世界的な設計基準である

IEC (国際電気標準会議) の条件を満足すると共に、日本特有の風の特性も考慮して、風車クラスの条件を設定して設計した。風車クラス<sup>3)</sup> は、国内の起伏が多いという地理的条件、台風に対する被害が多いという気象的条件を考慮して、年平均風速をクラス II (8.5m/s) とし、基準風速と乱れ特性はより大きく設定して「II A<sup>+</sup>」とした。

表 1 KWT300 の基本仕様

定格出力	300 kW
ローター直径	33.0 m
定格風速	11.7 m/s
定格回転数	40.5 rpm
回転数範囲	(可変速) 12.0~47.6 rpm
カットイン風速	3.0 m/s
カットアウト風速	25.0 m/s
耐風速	70.0 m/s

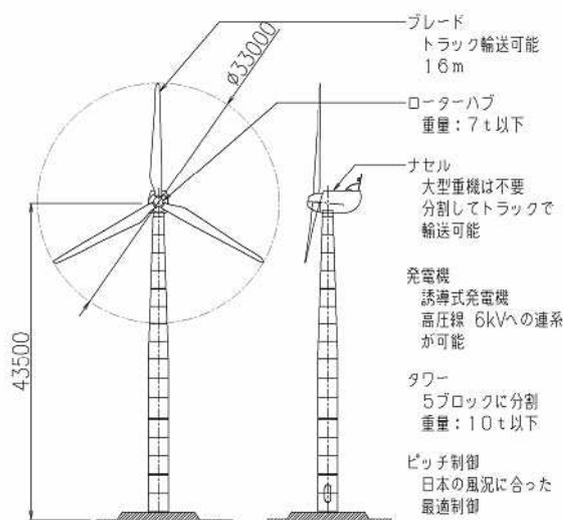


図 1 KWT300 の特徴

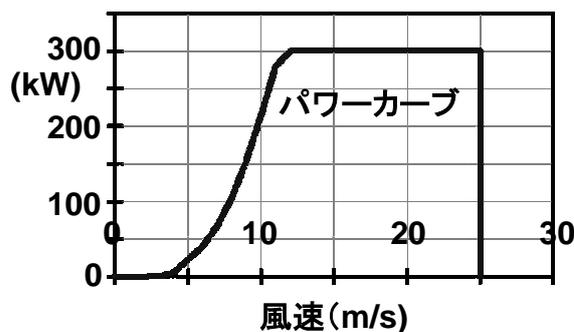


図 2 KWT300 のパワーカーブ



写真1 プロトタイプ機全景（駒井富津工場）

### 3. 現地実証試験

#### 3.1 概要

駒井鉄工(株)富津工場内に建設したKWT300に隣接して風況観測ポールを設置し、現地の風況と発電量を観測することでKWT300の実証試験を行った。

#### 3.2 実証試験結果

##### 1) パワーカーブ

図3は、毎時の風速観測データと実証試験の結果から得られたパワーカーブである。図中には、永井ら<sup>4)</sup>にならった発電効率Aのパラメータをあわせて示している。本風車の発電効率Aは、定格前の風速11m/s以下の範囲では0.3程度の値を示し、沿岸風力照明システム用の小型風車における実証試験結果<sup>5)</sup>とほぼ近い効率であった。また、図3は図2のパワーカーブと極めて近い形状を示している。すなわち、本実証試験によりKWT300が設計パワーカーブ通りの発電をしていることが実証された。

##### 2) 風車による背後風速の減衰

効率的な発電を行うために、風車は常に風の来襲方向を向くように方位制御されており、風車背後の風速は風車によって風力エネルギーの一部が消費されて風速が小さくなっているものと考えられる。風車前面と風車背後の風速の関係を調べるため、図4のように領域を区分して風車前面と風車背後の風速

を比較した。

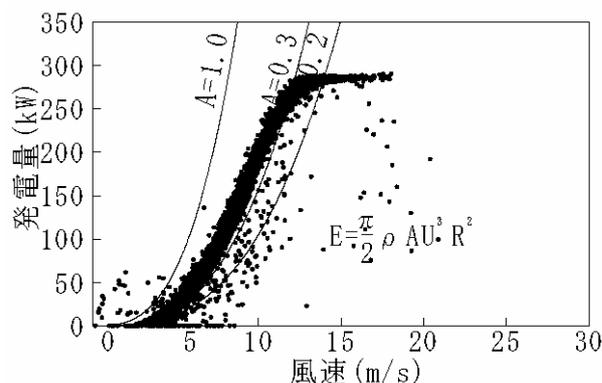


図3 パワーカーブの実証結果

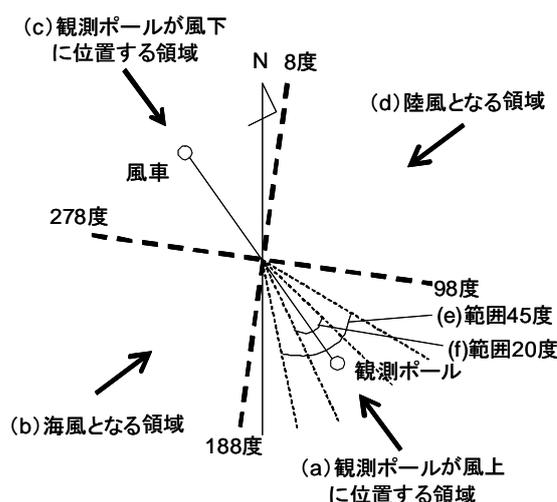


図4 観測ポールと風車の位置関係

図5にそれぞれの領域での、観測ポール（風速  $U_a$ ）と風車背後の風速（風速  $U_b$ ）との相関を示す。

観測ポールが風上にある“領域 a”では傾き  $S$  が 0.9673、風下にある“領域 c”では 0.9583、“領域 b”の海風の場合は 0.9364、“領域 d”の陸風の場合は 0.9853 となっており、いずれの場合も風車背後の風速  $B$  の方が、風車を通過していない風速  $A$  よりも小さくなっている。

さらに、“領域 a”の幅を 45 度狭めた“領域 e”と 20 度狭めた“領域 f”の図を見てみると、風速  $B$  はさらに小さく、それぞれ 0.9369 と 0.922 となっている。この場合、観測ポールを通った風が風車を直接通過しているものと考えられ、風車による風エネルギーの低減効果を直接示しているものと考えられる。

永井ら<sup>6)</sup>は、白石ら<sup>4)</sup>による瀬棚港沖合洋上風車に関する実測データをもとに、風車の背後で測定し

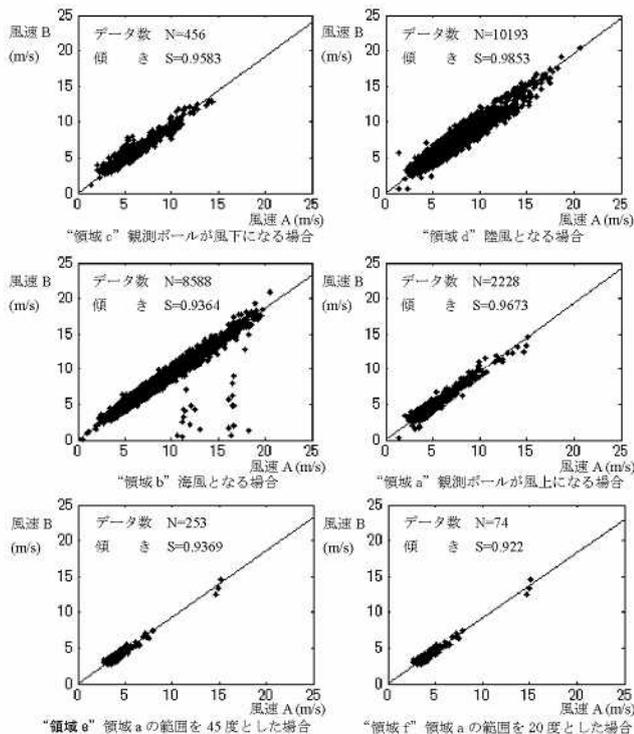


図5 方位別の風速 A (観測ポール) と 風速 B (風車背後のナセル上) の比較

た風速について、風車によるエネルギーロスを考慮して風車前面に襲撃する風速を仮定している。すなわち、風車前面の風エネルギーを  $E_f$ 、発電量を  $E_j$ 、風車背後の風エネルギーを  $E_b$  とするとき、エネルギー保存式である式(1)を仮定する。

$$E_f = E_b + E_j \tag{1}$$

式(1)は、発電されずに熱や騒音として消費されるエネルギーを無視するとともに、風車のローター回転円よりも外側における風速の変化を考慮しておらず空気の質量保存も満足しない、近似的かつ大胆な仮定の上に提案された式である。しかしながら、一般に風力発電システムを計画・設計する上で、単独の風車建設にとどまる本実証試験のような事例はむしろ稀であり、一般的には風車群による発電が行われることになる。風車群中の合理的な風車配置計画を算定するための目安の必要性から、式(1)は提案されたものである。ここでは、この関係式をもとに、本実証試験結果の評価を試みた。

図6に、本実証試験で得られた風速比を示す。こ

こに、風速比は(観測ポールでの風速  $U_b$ ) / (風車背後での風速  $U_a$ ) として定義した。なお図中の曲線は、瀬棚港で実際に運用されている洋上風車の発電実績データと風速観測結果をもとに、遮蔽率  $\eta = 0.005$  と仮定して、前面推定風速に対する風車背後の風速比を算定した結果である<sup>4)</sup>。この風速比は風速 7-11m/s の範囲で極小値である 0.87 程度の値をとり、この範囲を離れると、より大きい値となっている。

観測ポールが風車の風上に位置していた観測データが少なく、特に風速 8m/s 以上のデータが得られなかったため、瀬棚港で得られた結果との整合性を必ずしも十分には確認・検証するには至らなかったものの、定性的に同様の傾向を示していることがわかる。なお、図6の(b)、(c)において図中の曲線が概ねプロット群の上限の包絡線となっているのは、式(1)の発電以外にも振動や熱等のエネルギーロスがあることを反映しているものと考えられる。

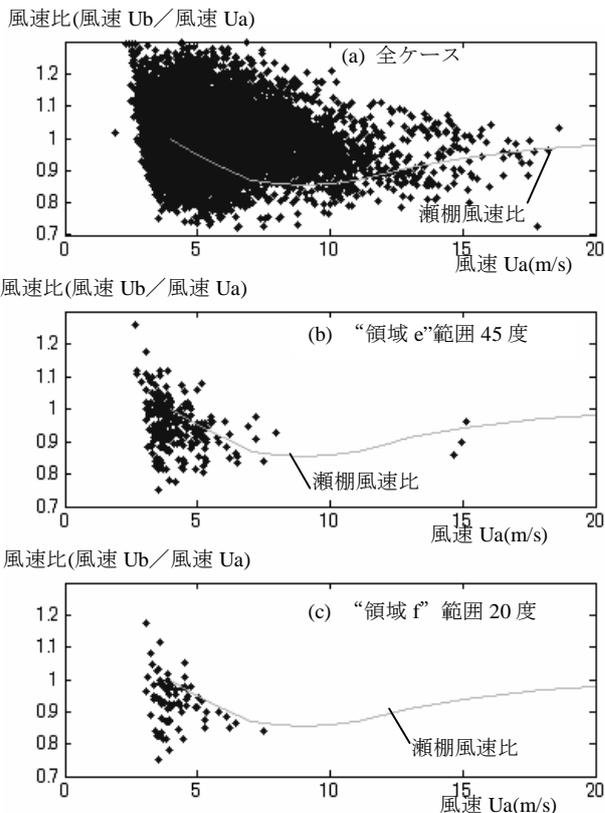


図6 実証試験での風速比

## 4. サンドバイパスへの応用

### 4. 1 背景と目的

日本では、ダムや港湾・漁港における土砂の堆積や、河川からの供給土砂量の減少や海岸・港湾構造物による沿岸漂砂量の減少などによる海岸侵食など、土砂に関する様々な問題が生じている。

これらの問題に対して、注目されている工法にサンドバイパス工法がある。これは、土砂を堆積している領域から不足している領域に人工的に輸送するものであり、沿岸におけるサンドバイパス工法は、河川からの流下土砂量が増加した場合に懸念される港湾・漁港の航路・泊地における埋没対策工法となる。また、海岸侵食の生じている領域では、構造物を少なくしてより自然に近い状態で海岸を防護する工法となりうる。

一方、本工法は定期的・定常的に土砂を移動させなければならず、土砂をトラック等で輸送する際に、交通渋滞や騒音等の問題を起すだけでなく、CO<sub>2</sub>を排出して地球環境に負荷を与える可能性もある。こうした問題に対しては、輸送に伴うエネルギーとして、現地の風力等のクリーンエネルギーを活用し、必要最小限の土砂輸送を半自動的に行うことができるパイプを用いたスラリー輸送方式が、望ましい解決策の一つと考えられる。海浜および海面上は、障害物の多い都市とは異なり、安定した強い風が期待できるため、風力発電に適しているためである<sup>7)</sup>。

ここでは、風力エネルギーを利用したサンドバイパス工法の可能性を検討するため、現地実証試験データを基に、必要電力量の試算とその電力をまかなう風車システムについて検討した。

### 4. 2 サンドバイパス工法の原理と概要<sup>8)</sup>

#### 1) 工法概要

サンドバイパス工法において、砂を集積する場所は、砂の堆積している場所に設定される。砂の集積装置は原則として移動せず、波等により集まる砂を海水とともに集積装置内に取り組み、そのまま土砂水流として、パイプラインによる輸送を行うものである(図7)。

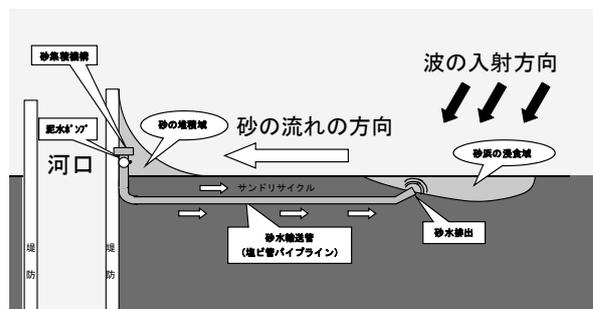


図7 有孔管土砂輸送工法概要平面図

#### 2) 砂の集積装置部

砂の集積に用いる有孔管の下部に、沈設及び周囲の砂を流動化させるための水ジェット口を並べておく(図8)。有孔管の中央部は、管に搭載された泥水ポンプに接続されている。両端部は、通水用の孔を設け海水中に通じている。

水ジェット噴出口よりジェット水を噴出させると、下部の砂が流動化し、有孔管がその自重(ポンプ等重量含む)により砂の中へ沈下していく。泥水ポンプを稼働させると、流動化した砂が、有孔管の孔を通して、管内に海水と混合して流入する。砂と海水が混合した泥水は有孔管内を流れて泥水ポンプに吸引され泥水ポンプから排砂管を通して排砂場所まで輸送され排出される。

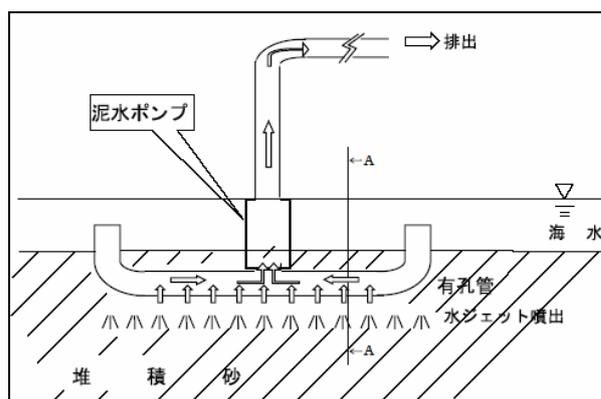


図8 砂集積装置部概要図

#### 3) 期待される効果

期待される主な効果及び特徴を以下に記す。

- ① 砂集積効果が継続的に発揮される。
- ② 専用の移動機構は不要である。
- ③ 基本的な動力は、土砂水流の吸引・排出及びジェット水等供給用のポンプ動力だけであり、駆動部の少ない簡易な工法である。

- ④ 可搬式であり、機材はトラック等により簡易に陸上輸送が可能である。
- ⑤ 砂集積場所は、汀線付近の他、陸上及び狭水域等、汎用的に活用が期待される。
- ⑥ 簡易な装置・構造の工法のため、経済的である。

#### 4. 3 想定サンドバイパス設備

本研究では、既往の報告<sup>9)</sup>を参考にしてサンドバイパスで輸送する土砂量を5万m<sup>3</sup>(粒径0.2mm)と想定した。この量は、延長500m奥行き100m長さの砂浜に厚さ1mの砂層を敷く量に相当する。サンドバイパス工法による土砂輸送期間としては、海水浴シーズン(7~8月)を避けた通年(10ヶ月間)とし、土砂輸送距離としては、1km程度の距離を想定した。設備の諸仕様を下記に記す。

- ・泥水ポンプ(37kW)×2台(1台は中継ポンプ)
- ・水ジェットポンプ:9.2kW
- ・波が無い場合の装置牽引ウインチ:1kW

これら設備の稼働に必要な電力は計84kWとなる。検討に際しては、所要電力量に余裕を見込み、100kW以上の電力供給がなされる時にシステムが順調に稼働して砂が集積・輸送されるものとした。なお、輸送距離が1kmの場合、本設備では、砂が有孔管に集積され輸送・排出されるまでに7.6分を要する。

稼働時における本設備の土砂集積・輸送能力は21m<sup>3</sup>/hと設定しているため、年間5万m<sup>3</sup>の砂を輸送するには100kW(以上)の電力が供給される時間が2,380時間以上必要となる。これは、7~8月を除いた10ヶ月の期間内での、100kW以上の電力供給時間率が、33%以上であることに相当する。

#### 4. 4 風力発電設備の適用

##### 1) 風力発電設備

上述のサンドバイパス工法では、100kW以上の電力供給をめざしているが、風力発電設備は一般に時空間的に発電量の変動が大きいことため余裕を持った発電設備の設置が望ましいこと、および、こうした中規模の風力発電設備の市場は今のところ小さく風力発電設備の規模選択の範囲が限られていることを考慮し、定格出力が300kWのKWT300が電力供給のための風力発電設備として望ましいと考え検討を行った。

図2のパワーカーブより、サンドバイパス設備1セットを稼働させるために必要な100kWの電力を得るには7.84m/sの風速が必要で、システム2セットを並行稼働させるための200kWの電力を得るには9.81m/s以上の風速が必要であり、システム3セットを並行稼働させるための300kWの定格電力を得るには11.7m/s以上の風速が必要と算定される。

##### 2) 観測データに基づく検討

近年、ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網: NOWPHAS: Nationwide Ocean Wave information network for Ports and Harbors)<sup>10)</sup>の一環として、全国沿岸域における風観測データの蓄積と解析が進められつつある。

表2は、ナウファスによって観測された関東地方における4風観測点、すなわち、常陸那珂(陸上)、鹿島(陸上)、第二海堡(東京湾内人工島)、アシカ島(東京湾内岩礁)のデータをまとめたものである。1996~2000年の風観測データより、各地点の7~8月を除いた10ヶ月間のデータの測得率が90%以上の年度のデータを対象とした。なお、各データを1/7乗則を用いて風車ナセル高さの43.5mに高さ補正を行った。

これらのデータを、風力設備のカットアウト風速25m/sも考慮し、100kW以上の電力が得られる風速7.84~25m/sの出現頻度、200kW以上の電力が得られる風速9.81~25m/sの出現頻度、定格300kW以上の電力が得られる風速11.7~25m/sの出現頻度を整理したものが図9である。鹿島、常陸那珂では100kW以上の電力を得られる風速の出現頻度は設定目標の33%に達しないが、アシカ島、第二海堡では100kW以上の電力を得られる風速の出現頻度は約43%と設定の33%を上回ることから、本システムが成立し得ることが示された。

表2 関東地方の4風観測点の概要

観測地点	アシカ島	第二海堡	鹿島	常陸那珂
観測場所	洋上	洋上	陸上	陸上
地上高(m)	13.5	7.0	10.0	29.5
使用データ年	'99-'00 (2年)	'96-'00 (5年)	'97-'00 (4年)	'96-'00 (5年)
測得率(除7-8月)	98.0%	97.5%	99.9%	98.3%
年平均風速(m/s) (除7-8月)	6.64 (6.57)	5.75 (5.88)	3.99 (4.04)	4.20 (4.30)
43.5m高換算係数	1.18	1.30	1.23	1.06

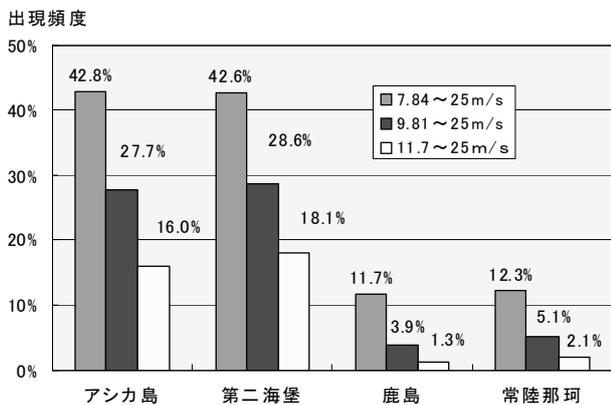


図9 風速段階別出現頻度

### 3) 余剰電力の付加的活用

アシカ島、第二海堡の風データ及び風力発電設備のパワーカーブを用いて、平均の年間期待発電量を試算すると、989MWhとなる。サンドバイパス設備を1セット設け5万m<sup>3</sup>の砂を集積・輸送するための電力量は100kWの設備を2,380時間稼働させる238MWhであり、活用される電力量の割合は24%と約1/4である。残りの余剰電力751MWhの有効活用策として下記事項が考えられる。

- ① 売電：系統連携が可能で売電できれば火力発電所への負荷を減らし、CO<sub>2</sub>排出削減に貢献する。
- ② エネルギーの現地利用：系統連携が不可能で売電できない場合、現地利用の照明システム（蓄電システムと組み合わせ）等が考えられる。

### 4) CO<sub>2</sub>削減効果

従来の「バックホウ積み込みーダンプトラック輸送」により今回検討している5万m<sup>3</sup>の土砂を掘削・輸送する場合の毎年排出されるCO<sub>2</sub>を試算した。

港湾土木積算基準<sup>1)</sup>により試算すると、バックホウ（クローラ型山積み 1.4m<sup>3</sup>）は、延べ100台・日必要となり、消費される軽油は16,900ℓと試算される。同様にダンプトラック（10t積）は、延べ900台・日必要となり、消費される軽油は56,700ℓと試算され、合計73,600ℓの軽油が消費されることとなる。軽油のCO<sub>2</sub>排出原単位を2,623.0 kg-CO<sub>2</sub>/kℓとすると毎年のCO<sub>2</sub>排出量は193tに値する。

さらに余剰電力751MWhを売電により有効に活用できれば発電による負荷軽減効果として、石油火力発電のCO<sub>2</sub>排出原単位を200g-CO<sub>2</sub>/kWhとすると

150tの削減効果に値する。両者を合わせると343t/年のCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれる。

## 5. 大型風車設置困難地域への活用

### 5. 1 大型風車設置困難地域への活用

わが国は多数の有人離島を有している。それら離島の電力系統は本土と連系しておらず、ほとんどが離島の独立電源により、需給関係をバランスさせる必要がある独立系統である。また、本土の発電が主に火力、原子力、水力発電などで発電しているのに対し、離島では液体燃料を用いた内燃力機関、いわゆるディーゼル発電機で電力をまかなっている場合がほとんどである。

液体燃料のみを用いた発電は一般に本土における発電単価を大きく上回ることも知られており、加えて原油価格が高騰している昨今においては、さらに発電単価が高騰しているのが現状である<sup>12)</sup>。また、化石燃料のみの発電となるため、CO<sub>2</sub>の排出も多くなることから、地球環境の面からも風力発電設備の導入が期待されている。

しかしながら、わが国の離島は急峻な地形が多く、輸送のための港湾を含め風車建設のためのインフラが不十分であるなどの立地環境、また強風・乱流や落雷など日本特有の自然環境があり、さらに現在の主流である1~2MWクラスの大規模風力発電機を設置するには、輸送のための道路の確保が必要である。

これら大規模風力発電機のブレードの長さは1MW機で25~30m、2MW機では40m程度にもなるため、沿岸、山間部へ設置する際には、既存道路の改修が必要となり、道路拡幅の工事によって、樹木伐採など環境に対する大きな影響を及ぼすことが少なくない。また、道路の拡張工事を施工するためには、地図上での確認に加えて現地の測量調査を実施し、さらには監督官庁に対して、測量調査を基礎にした工事計画の申請手続き等を行う必要があるため、計画から設置まで予期する以上の時間がかかってしまうのが実情である。

そこで、離島の急峻な地形への風車設置の可能性について数サイトを選定し、西沢らが考案した簡易解析手法<sup>13)</sup>を用いて、現地踏査や測量をともなう輸送調査することなしにブレード輸送可否判定を行う検討をした。

## 5. 2 輸送調査の簡易解析手法

この簡易解析手法では、風力発電建設サイトまで、ブレード等をトラックもしくはトレーラに平積みした際に、その輸送のために使用する道路上において、進行方向にブレード等の長さに相当する直線距離が存在するかを簡便に判定する。

離島における簡易解析手法の手順を以下に記す。なお、データ解析は主としてカシミール 3D (ver.8.72) <sup>14)</sup> を使用した。

- ① 任意の風車建設地点と風車本体および建設機材を搬入する港湾を選定する。
- ② 国土地理院・数値地図 50,000 (地図画像) <sup>15)</sup> ラスタデータの道路を利用して、搬入港湾から建設地点までの通過点をウェイポイントとして登録し、**図 10**に示すようにルートの作成を行う。ルートのトレースの際、直線と次の直線をつなぐカーブの道路の中心を1点だけ抽出し、それをルートポイントとして登録する。その抽出したカーブ点からカーブ点までの直線距離を計算できるようにした。
- ③ ウェイポイントおよびルートポイントを CSV 形式でエクスポートする。
- ④ CSV ファイルには、いくつかの主要数値が出力されるが、ここではポイント名、緯度、経度、標高のみを使用する。各ポイントにおける緯度経度の差から平面上の距離を算出し、これに標高の差を加味し再計算して、道路の長さを算出した。さらに、標高の差から道路の勾配を算出した。計算式は下記の通りである。

$$l_n = \sqrt{((x_n - x_{n-1}) \times 111,120)^2 + ((y_n - y_{n-1}) \times 111,120)^2}$$

$$L_n = \sqrt{l_n^2 + (h_n - h_{n-1})^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{h_n}{l_n} \right)$$

ここで、

$x_n, x_{n-1}$  : ルートポイントの経度座標 [度分秒]

$y_n, y_{n-1}$  : ルートポイントの緯度座標 [度分秒]

\* 緯度経度 1 [度] = 60 [海里] = 111,120 [m]  
(1 [海里] = 1,852 [m] 換算)

$h_n, h_{n-1}$  : ルートポイントの標高 [m]

$l_n$  : ルートポイント間の平面上の距離 [m]

$L_n$  : ルートポイント間の道路長さ [m]

$\alpha_n$  : ルートポイント間の勾配 [°]

- ⑤ ④における計算結果と輸送対象となるブレード

長を比較し、そのルート上で道路がブレードを輸送できるだけの長さがあるかどうかの判定を行う。

- ⑥ ⑤の結果をカシミール 3D 上に CSV 形式でインポートし、そのポイントが可視化できるようマッピングを行う。



**図 10 ルートポイントの作成例**  
(—がルート、●がルートポイント。  
ポイントはカーブあたり1つで作成した。)

## 5. 3 道路の直線距離および勾配に関する検証

離島の大型風車設置困難地域の事例として、見島 (山口県) および対馬 (長崎県) での検討結果を**図 11**と**図 12**に示す。

道路輸送の可否の判定基準となる距離は、中型機、大型機および超大型機の一般的なブレードの長さである 16m, 25m および 40m とし、それら基準値の距離以下をブレード輸送不可判定として、箇所をカウントした。また、参考までに設定勾配を 20° とし、それ以上を不可判定となった箇所をカウントした。

見島サイトでは 40m ブレードで 2ヶ所の地点で輸送が困難となり、対馬サイトでは 25m ブレードでも 1ヶ所、40m ブレードでは 19 箇所の地点で輸送が困難となることがわかった。いずれのサイトにおいても、KWT300 のような中規模風車の 16m ブレードでは、道路改良などを行うことなく輸送可能であることがわかった。これらの判定結果より、離島における風車設置は、現在主流となっている 1MW 以上の大型機よりも 300kW 程度の中型機を設置した方が、輸送制限にとらわれず、環境影響が少ない状態での設置が可能であるといえる。また、本研究で用いた簡易解析手法が輸送可否判定に有効であることを確

認することができた。

表 3 見島サイト判定 (見島港⇒見島)

ルートポイント数	18
16m不可判定箇所数	0
25m不可判定箇所数	0
40m不可判定箇所数	4
最小直線距離	26.9 [m]
(参考)20° 勾配以上箇所	2



図 1 1 見島サイト判定 (見島港⇒見島)

表 4 対馬サイト判定 (佐須奈湾⇒佐護西里)

ルートポイント数	85
16m不可判定箇所数	0
25m不可判定箇所数	1
40m不可判定箇所数	19
最小直線距離	22.0 [m]
(参考)20° 勾配以上箇所	7



図 1 2 対馬サイト判定 (佐須奈湾⇒佐護西里)

## 6. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 中規模風車 KWT300 の開発コンセプトおよび仕様をまとめた。
- ② KWT300 を用いた現地実証試験を行い、設計パワーカーブの発電が得られていることを確認した。
- ③ 実証試験で得られた観測データを用いて風車前後風速比を算定したところ、永井ら<sup>4)</sup> のモデルとほぼ一致することを確認した。
- ④ 沿岸域の風力エネルギー現地活用の検討として、サンドバイパスの電力を風力エネルギーで活用する検討をした。KWT300 を用いることで、十分サンドバイパスを制御可能であることが示された。
- ⑤ 国土地理院の数値地図を GIS 上で整理し、風車設置の際に陸送可能な箇所の選定および設置可能限界箇所を推定するため、本研究で用いた簡易解析手法が輸送可否判定に有効であることを確認することができた。また、日本の離島およびそれらの沿岸に風車設置は、現在主流となっている 1MW 以上の大型機よりも 300kW 程度の中型機を設置した方が、輸送制限にとらわれず、環境影響が少ない状態での設置が可能であることが明らかになった。

## 謝辞

本論文は、平成 17 年度から平成 19 年度の 3 ヶ年にわたって、(独) 港湾空港技術研究所、足利工業大学および駒井鉄工(株)の 3 機関で実施した共同研究「中小型風力発電装置港湾・沿岸域への適応性に関する研究」の成果<sup>1 5)</sup> をまとめたものである。

研究の実施にあたり、(独) 港湾空港技術研究所の永井 統括研究官、野口 施工・制御技術部新技術研究官、清水 海洋・水工部上席研究官ならびに鈴木 海洋・水工部主任研究官、また足利工業大学学長 牛山教授ならびに西沢助手より多大なるご指導をいただきました。風況観測データの解析の際には、(独) 港湾空港技術研究所/海象情報研究室および(株)エコーの協力をいただきました。本共同研究の関係各位に改めて謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 永井紀彦：風力エネルギー活用の観点から見た沿岸域洋上風力の特性，港湾空港技術研究所資料，No.1034，2002.
- 2) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：日本型風力発電ガイドライン策定事業中間報告，102p，2007.
- 3) IEC 61400-1(1999)：Wind turbine generator systems - Part 1: Safety requirements.
- 4) 白石悟・永井紀彦・林宏典・西和宏・久米仁司・堂端重雄：瀬棚港における実測データを用いた洋上風車背後の風の分布特性とその考察，土木学会，海洋開発論文集第 21 巻，pp.1059-1064，2005.
- 5) 永井紀彦・牛山泉・根本泰行・川西和昭・額田恭史・鈴木靖・乙津孝之：現地利用型エネルギー活用をめざした沿岸風力照明システムの検討，海洋調査技術 Vol.17，No.1，pp.1-12，2005.
- 6) 永井紀彦・白石悟・清水勝義・成瀬英治・八木一浩・乙津孝之：実測データに基づく洋上風車群近傍の風況推定と発電予測手法の構築，土木学会，海洋開発論文集第 22 巻，pp.869-874，2006.
- 7) 永井紀彦：風力エネルギー活用の観点から見た沿岸域洋上風力の特性，港湾空港技術研究所資料，No.1034，34p，2002.
- 8) 野口仁志・栗山善昭・永井紀彦・鈴木高二朗：風力エネルギーを利用した有孔管方式によるサンドバイパスシステムの試設計，土木学会，海洋開発論文集第 23 巻，2007.
- 9) 例えば，栗山善昭：広域土砂収支図作成の試み，水工学シリーズ 01-B-5，土木学会，pp.B-5-1-B.5-13，2001.
- 10) 永井紀彦：沿岸域における海象メカニズム，pp25-28，2007.3.
- 11) (社) 日本港湾協会：港湾土木請負工事積算基準.
- 12) 伊藤学・細木訓：調査研究報告「離島における新エネルギー導入可能性調査」について，季報エネルギー総合工学，Vol.29，No.3，2006.
- 13) 西沢良史・牛山泉・細見雅生・小川路加：大型風車設置可能限界地点の簡易解析手法に関する研究，風力エネルギー（投稿中）.
- 14) カシミール 3D ホームページ：  
<http://www.kashmir3d.com/>.
- 15) 国土地理院 地図センターホームページ：  
[http://net.jmc.or.jp/digital\\_data\\_gsi.html](http://net.jmc.or.jp/digital_data_gsi.html).
- 16) 永井紀彦・鈴木高二郎・牛山泉・西沢良史・細見雅生・小川路加・野口仁志：沿岸域中規模風車の開発とその沿岸域への適用について，港湾空港技術研究所資料，No.1180，2008.